

Impacto de las TICs en la sustentabilidad del uso del agua potable en la República Argentina

Leandro Crespi, Cristian Schiffino, Iris Sattolo, Marisa Panizzi

Facultad de Informática, Ciencias de la Comunicación y Técnicas Especiales. Universidad de Morón.

Cabildo 134. Morón, Argentina.

leandro.crespi@e-shell.com.ar, cristian.schiffino@gmail.com, iris.sattolo@gmail.com, marisapanizzi@outlook.com

Resumen

La línea de investigación se enmarca en las líneas propuestas por la UM, Informática Aplicada y Nuevas Tecnologías, la cual atiende una temática prioritaria a nivel nacional. Esta consiste en la aplicación de Tecnologías de la Comunicación e Información (TICs) a la sustentabilidad del agua potable. En base a la problemática de la escasez del recurso hídrico para las generaciones actuales y futuras; tanto a nivel mundial como nacional se propone la captación de agua de lluvia como fuente alterna de abastecimiento para satisfacer actividades socioeconómicas. Tiene como objetivo contribuir a dicha problemática mediante el diseño de un prototipo que permita la captación de agua de lluvia para uso de descarga de sanitarios, así como también, la evaluación de su viabilidad mediante estudios de casos.

Palabras clave: TICs, sustentabilidad, uso del agua potable.

Contexto

La línea de investigación que se reporta en este artículo es financiada por el Proyecto de Investigación Orientada (PIO) titulado: “Impacto de las TICS en la sustentabilidad del uso del agua potable en la República Argentina” de la Secretaria de Ciencia y Tecnología de la Universidad Morón.

Este PIO tiene por objetivo contribuir a la sustentabilidad del uso del agua potable en nuestro país mediante la aplicación de las TICs que permitan la captación del agua de lluvia y su uso para la descarga de sanitarios.

El grupo de investigación se propone como desafío esta línea de investigación prioritaria la cual atiende a una problemática tanto a nivel nacional como a nivel mundial.

Introducción

“El acceso a agua apta para el consumo es una necesidad humana fundamental y, en consecuencia, un derecho humano básico”. Kofi Annan¹. Se estima que actualmente se consume al año el 54 % del agua dulce disponible y, según la UNESCO², a mediados del siglo XXI la población mundial alcanzará los 12.000 millones de habitantes previstos, la demanda se habrá duplicado y las reservas hídricas de nuestro planeta llegarán a su tope (Ambientum, 2019).

El agua es esencial para la vida. Todas las personas, animales y plantas necesitan agua para vivir y crecer. En el caso particular del hombre, el agua es primordial para el desarrollo de muchas actividades productivas. Sin embargo, en numerosos lugares del mundo, la población no cuenta con el agua necesaria para mantener un nivel de vida aceptable. Es común encontrar que sectores importantes de la población mundial, deben recorrer grandes distancias para recolectar el agua disponible, la cual no siempre es potable. Cuando la población no cuenta con el agua necesaria para la vida diaria, se enfrenta a muchas dificultades y está en peligro de contraer enfermedades graves. Cuando una comunidad tiene acceso al agua potable de forma fácil y segura, la salud de las personas es notablemente mejor (Herrera Monroy L., 2010).

El agua no se distribuye equitativamente, es decir, en algunos sitios abunda y en otros es escasa. Cerca de mil millones de personas en el mundo carecen de este recurso y deben recorrer grandes distancias diariamente para

¹ Economista ghanés, séptimo secretario general de las Naciones Unidas, cargo que ocupó entre 1997 y 2006, galardonado, junto a la ONU, con el Premio Nobel de la Paz de 2001.

² Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

obtenerla. En América Latina, a pesar de que en las últimas décadas ha habido una mejora considerable, aún el 10 % de la población (aproximadamente 60 millones de personas) no tiene acceso al agua en su vivienda (Adler, I., 2008).

Para vivir adecuadamente, una persona necesita contar con al menos 20 litros diarios de agua, lo que implica un volumen de 7.300 litros por persona al año. Desafortunadamente, muchas personas no tienen acceso a esta cantidad, no sólo por las condiciones ambientales sino por la falta de infraestructura o la calidad del agua, que no la hace apta para el consumo humano. La relación entre los componentes de los ecosistemas y el ciclo del agua, las altas tasas de deforestación, así como la contaminación de mares, lagos y ríos por la falta de saneamiento de aguas negras e industriales, hacen que ciertas regiones sean todavía más vulnerables a la escasez y baja disponibilidad de agua de calidad (Organización Mundial de la Salud, 2018).

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible también conocidos como ODS, están diseñados para mejorar la calidad de vida a nivel mundial; se crearon en la Conferencia de las Naciones Unidas. Los ODS son un conjunto de 17 objetivos que permiten superar desafíos globales como la pobreza, la desigualdad, el cambio climático entre otros, además buscan armonizar tres componentes centrales para el futuro: crecimiento económico, inclusión social y protección ambiental, bajo esta perspectiva la captación del agua de lluvia para diferentes usos se alinea con los ODS (Organización de las Naciones Unidas, 2018).

La seguridad hídrica es esencial para alcanzar muchos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, no solo el ODS número 6 sobre el acceso al agua y saneamiento, pero la amenaza del cambio climático surge como un obstáculo (Novo C., 2019).

Dado que es una nueva línea de investigación propuesta en la UM, presenta un gran desafío para el grupo de investigación. Se realizó una investigación exploratoria

documental que ha permitido evidenciar algunos hallazgos de la literatura existente respecto a los sistemas de captación de agua de lluvia y sus potenciales usos.

La captación de agua de lluvia es la recolección, transporte y almacenamiento del agua de lluvia que cae sobre una superficie de manera natural o hecha por el hombre. Las superficies que captan el agua en las ciudades pueden ser techos de casas y edificios, techumbres de almacenes y de tiendas, explanadas, etc. El agua almacenada puede ser usada para cualquier fin, siempre y cuando se realicen los tratamientos adecuados para cada uso. Para usos básicos como limpieza de ropa, de pisos, sanitarios y riego puede usarse un filtro muy sencillo; para aseo personal y para agua que se pretenda beber, se deberá tener un sistema de filtros diferente, adecuados para estos fines (Adler I. et al., 2008).

La captación de agua de lluvia fue muy utilizada por las sociedades antiguas en todo el planeta y en muchas ocasiones, se utilizó como único procedimiento para el abastecimiento de agua en algunas regiones. Muchos edificios antiguos estaban contruidos de tal forma que el agua que caía en los tejados se canalizaba a un gran depósito subterráneo o semi subterráneo (Carvajal Gómez D., 2016). Dentro de los potenciales usos del agua de lluvia, se pueden enumerar:

- Incendio
- Ducha
- Consumo humano
- Descarga de sanitarios
- Riego como actividad secundaria
- Aseo de superficies
- Lavado de Autos
- Lavado de Ropa

El agua de lluvia para la descarga de sanitarios ha sido utilizada en la solución de Estupiñán Perdomo J. L. y Zapata García H. O. (Estupiñán Perdomo J. L. y Zapata García H. O., 2010), En la propuesta de Olarte Mira D. (Olarte Mira D., 2017) se emplea el agua de lluvia para la descarga de sanitarios. Arengas Reines M. F. y Bernal Meneses J. A. (Arengas Reines M. F. Bernal Meneses J. A.,

2016) proponen el uso de agua de lluvia para descarga de sanitarios en Bogotá.

En Latinoamérica, países como Colombia son propensos a tener zonas con falta de agua, y en este caso, muchos estudiantes alumnos de diferentes niveles universitarios han propuesto en sus trabajos de tesis, proyectos de reutilización de agua de lluvia en descargas sanitarias en los campus o instalaciones universitarias (Carvajal Gómez D., 2016).

Existe cierto grado de automatización en la recolección y uso del agua de lluvia, se puede mencionar el trabajo de Duque Bonilla J. y Salazar Gil J. (Duque Bonilla J. y Salazar Gil J., 2013) en el cual se utilizan sensores y electrónicas de realizar aperturas de válvulas. En el trabajo de Riatiga Fadiño H. (Riatiga Fadiño H., 2016) se presenta una automatización mediante el uso de sensores y bombas para llenar tanques automáticamente.

El grupo de investigación, se plantea la siguiente pregunta de investigación (PI): ¿Es posible contribuir a la sustentabilidad del agua potable mediante un sistema de captación de agua de lluvia y darle uso para la descarga de sanitarios?

El desafío de esta línea de investigación consiste en dar respuesta a la pregunta presentada.

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

La línea de investigación aborda un problema que enfrenta la población mundial, no solamente por tener escasez de agua, ya sea potable o no. Se toma como punto de partida los antecedentes sobre la captación de agua de lluvia, sus posibles usos y en especial su destino a la descarga de sanitarios.

En este contexto, se pretende lograr una descentralización parcial del suministro del agua en las zonas habitadas y el lógico hábito de emplear el agua que cae del cielo, en vez de desperdiciarla y utilizar agua potable de red en aplicaciones que no deberían ser necesarias.

Por las razones mencionadas, se pretende que las TICs contribuyen a la sustentabilidad del agua potable mediante un prototipo que

permita la captación de agua de lluvia para uso de recarga de sanitarios.

Para dar respuesta a nuestra pregunta de investigación planteada en la sección Introducción, se proponen los siguientes objetivos:

Objetivo general: obtención de un prototipo de un sistema de gestión de agua de lluvia para descarga de sanitarios.

Objetivos específicos:

1. Elaborar el estado del arte sobre la gestión de agua de lluvia y sus usos.
2. Identificar y especificar los requisitos funcionales y no funcionales para el prototipo de gestión de agua de lluvia.
3. Conceptualizar el sistema de gestión de agua de lluvia mediante la construcción de modelos.
4. Implementar el prototipo.
5. Probar la solución.
6. Evaluar la viabilidad del prototipo en un caso real.
7. Concientizar a la comunidad UM y extramuros sobre la sustentabilidad del agua potable.

Para el desarrollo del trabajo, se seguirá un enfoque de investigación clásico (Riveros H. et al., 1985) con énfasis en la producción de tecnologías (Sábato J. et al., 1982); identificando los métodos y materiales necesarios.

- Métodos: estudio de mapeo sistemático de la literatura (en inglés, Systematic Literature Mapping o SMS) método DESMET (Kitchenham B. et al., 1996), estudios de casos (Runeson P. et al., 2012), encuestas (Genero Bocco M. et al., 2014), prototipado evolutivo experimental (Basili V., 1993). Para el desarrollo de los formalismos y procesos de Ingeniería de software, se utilizarán los modelos conceptuales propuestos en el Lenguaje de Modelado Unificado (UML) (Booch G. et al., 2006) y los procesos técnicos, de soporte y de gestión definidos en el estándar ISO/IEC/IEEE 12207 (ISO/IEEE 12207, 2017).
- Materiales. Para llevar a cabo la búsqueda de la literatura se emplearán las librerías digitales que se encuentran disponibles en

la Biblioteca de la Universidad de Morón: IEEE Xplore, Scopus y ACM. Para la documentación de los modelos conceptuales del prototipo se utilizará una herramienta CASE (Software Engineering Asisted by Computer), la cual será evaluada en ese hito del proyecto.

A continuación, se presenta el abordaje metodológico para el desarrollo del trabajo:

- Para el Objetivo Específico 1, se realizará un estudio de mapeo sistemático (SMS).
- Para los Objetivos Específicos 2, 3, 4 y 5, se seguirán los procesos técnicos, de soporte y de gestión propuestos en la ISO/IEC/ IEEE 12207, se emplearán los formalismos de UML se utilizará una herramienta CASE y para la comparativa de tecnologías se empleará el método DESMET.
- Para el Objetivo Específico 6, se utilizarán estudios de casos.
- Para el Objetivo Específico 7, se utilizarán encuestas.

Resultados y Objetivos

Dado que es una línea de investigación que se inicia en la UM, no se presentan **resultados concretos** a describir.

Los **resultados estimados** a lograr son:

1. Académicos: lograr un trabajo de fin de carrera de grado.
2. Producción Científica: presentar los avances de la investigación en eventos científicos de alcance nacional (CACIC³ 2020, CACIC 2021), y en el ámbito internacional, CIACA⁴ 2020, y ICAETT⁵ 2021, etc.
3. Proyectos de Investigación: esta línea se enmarca en el PIO titulado: “Impacto de las TICS en la sustentabilidad del uso del agua potable en la República Argentina” (período 2020-2021).
4. Formación en I+D+I: es un desafío para el grupo de investigación afrontar

la resolución de un problema de la sociedad mediante la aplicación de las TICS. Se adquirirán competencias en el uso de métodos de investigación experimentales como, revisiones sistemáticas, estudios de casos y encuestas. El carácter de la línea de investigación requiere que el grupo trabaje con otras disciplinas como, por ejemplo, la electrónica, la arquitectura y la ingeniería ambiental.

5. Transferencia al medio socioeconómico: un prototipo que permita la gestión de la captación del agua para la descarga de sanitarios. Otro de los ejes a cumplir, consiste en la concientización a la comunidad UM y extramuros sobre la sustentabilidad del agua potable.

Formación de Recursos Humanos

El equipo de investigación se encuentra conformado por un Director, un Co-Director, dos investigadores en formación, dos becarios de grado.

Se estima la formación de dos Licenciados en Sistemas de la UM.

Referencias

- Adler, I., Carmona, G. & Bojalil, J. A. (2008). Manual de Captación de Aguas de Lluvia - Uso y mantenimiento para su sistema residencial. Centros Urbanos. Instituto Internacional de Recursos Renovables AC. (IRRI). Disponible en: <http://www.irrimexico.org/biblioteca>. Último acceso: 7 de diciembre 2019. (2008).
- Ambientum. Portal Profesional del medioambiente. Disponible en: <https://www.ambientum.com/category/ambiente>. Último acceso: 13 de diciembre 2019. Madrid, España (2019).
- Arengas Reines M. F. Bernal Meneses J. A. Estudio de Prefactibilidad para el montaje de una empresa dedicada a la venta de sistemas de aprovechamiento de aguas de lluvia en el sector químico, agroindustrial y residencial de Bogotá D.C. Tesis de Especialización en Gestión de Proyectos en Ingeniería. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá (2016).
- Basili V. (1993). The Experimental Paradigm in Software Engineering. En Experimental

³ Congreso Argentino de Ciencias de la Computación.

⁴ Conferencia Iberoamericana de Computación Aplicada.

⁵ Congreso Internacional sobre Avances en Nuevas Tendencias y Tecnologías.

- Software Engineering Issues: Critical Assessment and Future Directions. En Computer Science, Vol. 706.
- Booch G., Rumbaugh J., Jacobson I. El Lenguaje Unificado de Modelado, UML 2. 0: Guía de Usuario: Aprenda UML Directamente de sus creadores. · Addison-Wesley (2006).
- Carvajal Gomez Danny Alejandro. Prototipo sistema automatizado de recolección de agua lluvia doméstico. Tesis de Grado de Tecnólogo en Automatización Industrial. Corporación Universitaria Minuto De Dios - Tecnología en Automatización Industrial. Bogotá (2016).
- Duque Bonilla Juan Andrés y Salazar Gil Julián. Factibilidad económica y financiera de un sistema de captación, recolección y reutilización de agua pluvial aplicable en las instituciones educativas básicas primaria y secundaria en la ciudad de Pereira. Tesis profesional de Ingeniero Comercial. Universidad Libre Seccional Pereira (2013).
- Estupiñán Perdomo J. L., Zapata García H. O. Requerimientos de Infraestructura para el Aprovechamiento Sostenible del Agua Lluvia en el Campus de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá. Tesis de Maestría en Ingeniería Civil. Pontificia Universidad Javeriana Pontificia Universidad Javeriana. (2010).
- Genero, M., Piattini, M., & Cruz Lemus, J. A. (2014). Métodos de investigación en Ingeniería del Software. Madrid: Ra-Ma S.A. Editorial y Publicaciones (2014).
- Herrera Monroy Luis Alberto. Estudio de alternativas para el uso sustentable del agua de lluvia. Tesis de Maestría de Ingeniería Civil. Instituto Politécnico Nacional. México (2010).
- IEEE ISO/IEC/IEEE 12207:2017(E). Systems and software engineering — Software life cycle processes (2017).
- Kitchenham, B. (1996). "DESMET: A Method for Evaluating Software Engineering Methods and Tools " Department of Computer Science, University of Keele, Technical Report TR96-09, August 1996. ISSN: 1353-7776
- Kitchenham, B. y Chartes, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in Software engineering, Keele University, EBSE-2007-01.
- Novo C. Experts reveal build up to global water crisis as water scarcity increases. Smart Water Magazine. Disponible en: <https://smartwatermagazine.com/news/smart-water-magazine/experts-reveal-build-global-water-crisis-water-scarcity-increases>. Último acceso: 21 de noviembre 2019 (2019).
- Olarte Mira Diomar Alesis. Implementación de un sistema automático para el aprovechamiento del agua de lluvia y el agua residual de la lavadora. Tesis de Grado de Ingeniería Electromecánica. Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín. Disponible en: <https://repositorio.itm.edu.co/jspui/handle/ITM/71>. Último acceso: 10 de noviembre 2019 (2017).
- ONU - Organización de las Naciones Unidas. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>. Último acceso: 2 de diciembre 2019 (2018).
- Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua de consumo humano. Cuarta edición que incorpora la primera adenda, 4a ed + 1a adenda. Organización Mundial de la Salud. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/272403>. Último acceso: 16 de diciembre 2019 (2018).
- Riatiga Fadiño Hugo. Evaluación del uso racional del agua y energía en una institución educativa. Tesis de la Maestría en Sistemas Energéticos Avanzados. Universidad de Santander. Bucaramanga, Colombia (2016).
- Riveros H., Rosas L. (1985). El Método Científico Aplicado a las Ciencias Experimentales. Editorial Trillas. México.
- Runeson P, Höst M, Rainer A, Regnell B. (2012). Case study research in software engineering: guidelines and examples. Wiley Publishing, Hoboken.
- Sábato J., Mackenzie M. (1982). La Producción de Tecnología. Editorial Nueva Imagen. México.